

# О «СШИВАНИИ» ПОЛУПОЛЕЙ ЗРЕНИЯ ГЛАЗА В КОРЕ ГОЛОВНОГО МОЗГА

**Алексеевко С. В.**, д. б. н, ведущий научный сотрудник ФБГУН Института физиологии им. И.П.Павлова РАН, Санкт-Петербург

У высших млекопитающих (в основном это хищники, приматы и человек) поля зрения глаз частично перекрываются вследствие фронтального положения глаз. По сравнению с животными с боковым расположением глаз (рыбы, некоторые копытные), у них есть пути из сетчатки не только в противоположное (контралатеральное) полушарие, но и в ипсилатеральное (рис. 1). В результате появления таких дополнительных перекрестных путей объекты, видимые обоими глазами, представлены в одном и том же полушарии мозга. Такая организация зрительных путей из сетчатки важна для стереозрения. Мы ведь оцениваем удаленность объекта в окружающем пространстве по разнице в положении его изображений на двух сетчатках. Локализация проекций объекта через разные глаза в зрительной коре одного и того же полушария удобна для формирования бинакулярных нейронов – клеток, которые получают иннервацию из сетчаток обоих глаз и сигнализируют о положении объекта в пространстве.

Однако перекрестные и неперекрестные зрительные пути из сетчатки разделяются на два потока. В противоположное полушарие направлены аксоны (выходные волокна) ганглиозных клеток назальных половин сетчаток, а в ипсилатеральное полушарие – аксоны клеток темпоральных половин. Вследствие разной направленности зрительных путей из двух половин сетчатки утрачивается целостность проекции поля зрения: в каждом полушарии представлена только одна, контралатеральная его половина (на рис. 1 объекты 4 и 5, которые расположены в правой половине пространства, представлены в левом полушарии, а объекты 1 и 2 – в правом). Граница раздела поля зрения глаза на полуполя проходит по центральному вертикальному меридиану, на котором расположена об-

Обзор имеющихся экспериментальных данных о структуре нейронных связей в зрительной коре, которые обеспечивают объединение назального и темпорального полуполей зрения глаза.

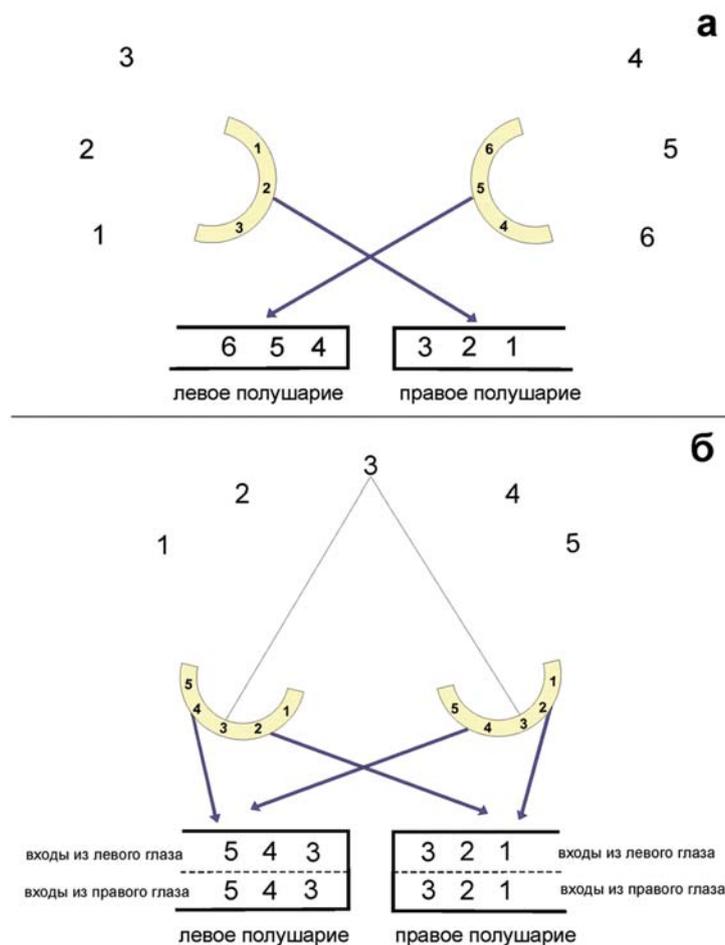
**Ключевые слова:** первичная зрительная кора, нейронные связи.

\*\*\*

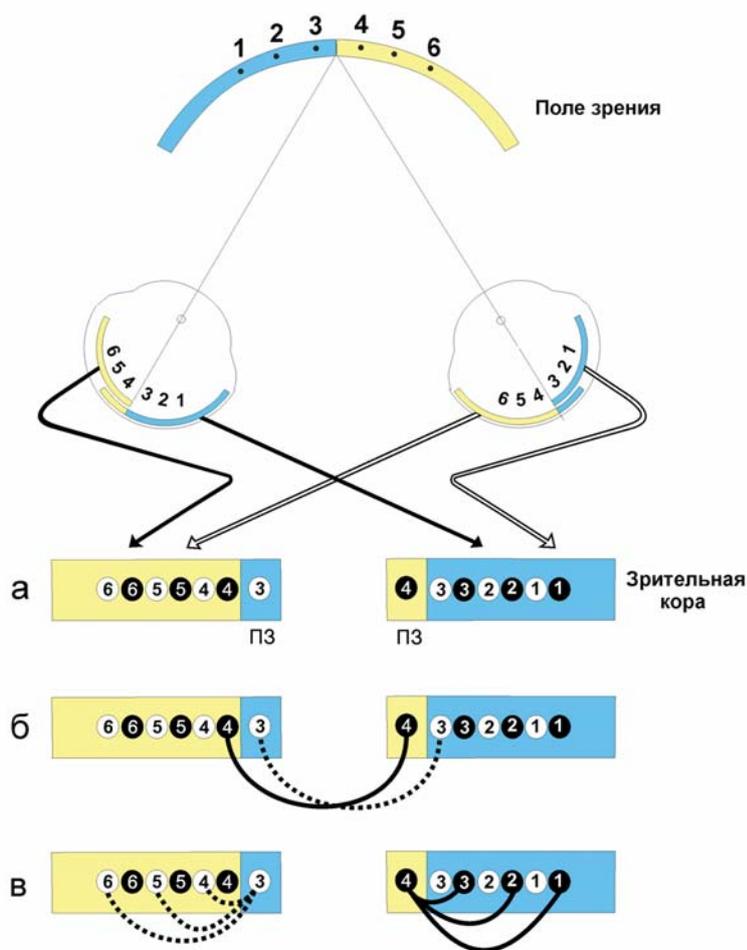
## Alekseenko S.V. ON THE LINKAGE OF THE EYE VISUAL HEMIFIELDS IN THE BRAIN CORTEX

The review of experimental data concerned to the structure of visual cortex neuronal connections, which provide the integration of nasal and temporal visual hemifields.

**Key words:** primary visual cortex, neuronal connections.



**Рис. 1.** Схемы проекций объектов, обозначенных цифрами, на сетчатки глаз и в полушария у животных с боковым положением глаз (а) и с фронтальным положением глаз (б).



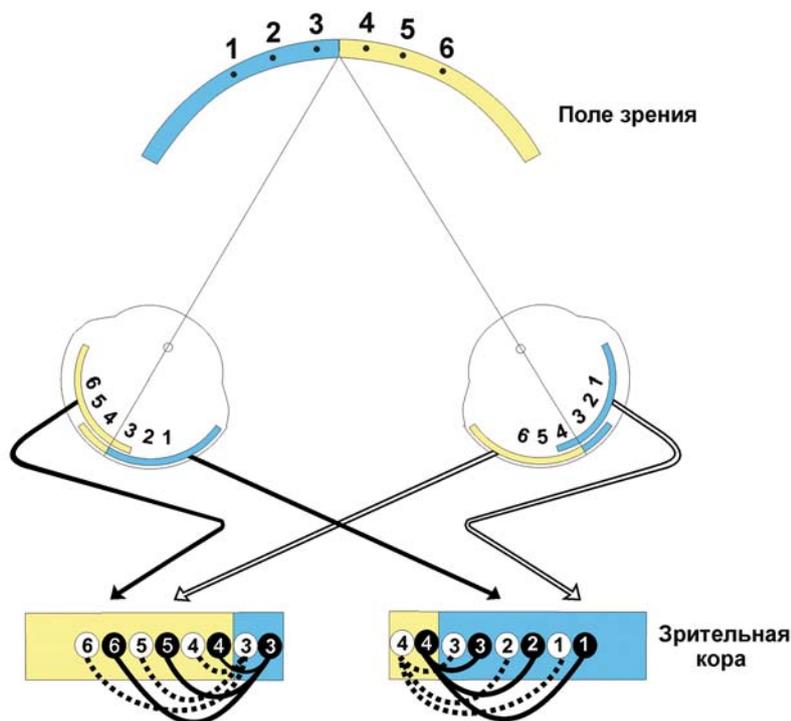
**Рис. 2.** Схемы проекций объектов 1–6 на сетчатки глаз, в зрительную кору и нейронные связи у кошки. Черными кружками показано местоположение в коре проекций через левый глаз, белыми кружками – из правого глаза. ПЗ – переходная зона, в которой представлена часть ипсилатерального полуполя зрения. (а) – локализация проекций в зрительной коре; (б) – прямые межполушарные связи; (в) – внутрислошарные связи, которые обеспечивают объединение полуполей зрения глаз.

ласть максимальной остроты зрения, поэтому возникает задача «сшивания» полуполей зрения, то есть объединения информации, поступающей в разные полушария. Объединение необходимо для восприятия объектов целостными и должно быть надежным и не зависящим от влияния разных факторов.

Известно, что связь полушарий на уровне первичной зрительной коры и более высокоорганизованных корковых полей осуществляется через мозолистое тело. В морфологических и нейрофизиологических исследованиях ранее было показано, что каллозальные нейроны, то есть клетки, аксоны которых направляются в противоположное полушарие, расположены в зрительных корковых полях вблизи проекции центрального вертикального меридиана поля зрения [9, 17]. В связи с этим предполагалось [7],

что межполушарными связями объединены проекции из назального и темпорального полуполей зрения глаза. Исходя из этого предположения, взаимосвязанные нейроны двух полушарий должны быть расположены в зеркально симметричных участках первичной зрительной коры. Однако в более поздних исследованиях при использовании локальных введенных маркеров нейронных связей было обнаружено, что межполушарные связи простираются между несимметричными участками коры двух полушарий [2, 11]. Более того, были получены сведения, уточняющие организацию перекрестных и неперекрестных путей из сетчатки. А именно: в центральной части сетчатки обнаружена вертикально ориентированная зона смешанных проекций, часть ганглиозных клеток которой проецируется в одно полушарие, часть – в другое. В назальную сторону от этой зоны расположены ганглиозные клетки, которые проецируются только в контралатеральное полушарие, а в темпоральную сторону от этой зоны расположены ганглиозные клетки, которые проецируются только в ипсилатеральное полушарие. Ширина зоны назо-темпорального перекрытия (НТП) на сетчатке у приматов составляет 0,6–1,5 угл. град. в центре сетчатки, и она постепенно увеличивается до 15 угл.град на крайней верхней периферии и до 5–9 угл. град. на нижней [3, 6, 16]. Имеются также данные, указывающие на существование зоны НТП на сетчатке человека [5, 14].

Где в коре представлена зона НТП сетчатки? Зрительные проекции в кору более детально изучены у кошки. В отличие от приматов, у кошки зона НТП расположена в центральной части темпоральной половины сетчатки. По ширине (0,2 ÷ 0,5 мм) в этой зоне расположено примерно 25 ганглиозных клеток [8, 15]. Размер и местоположение проекций из зоны НТП в первичную зрительную кору кошки были определены в нейрофизиологических исследованиях. Рецептивные поля нейронов поля 17 отдельного полушария расположены в контралатеральной половине поля зрения; при этом в переходной зоне между полями 17 и 18 обнаружены нейроны, активность которых наблюдалась при стимуляции ипсилатеральной части поля зрения [4, 17]. В специальном исследовании были определены размеры области



**Рис. 3.** Схемы проекций объектов 1–6 на сетчатки глаз, в зрительную кору и корковые внутриполушарные связи, которые обеспечивают объединение полуполей зрения глаз у приматов. Местоположение в коре проекций через левый глаз показано черными кружками, через правый глаз – белыми кружками.

поля зрения, представленной в переходной зоне 17/18 у кошки. Показано, что ее ширина составляет 3,60 на уровне проекции нулевого горизонтального меридиана поля зрения и расширяется кверху и книзу до 250 на уровнях, превышающих  $\pm 200 \div \pm 250$  [13]. Таким образом, зона НТП сетчатки представлена в переходной зоне 17/18 контралатерального полушария и повторно на территории поля 17 ипсилатерального полушария (рис. 2, а), то есть в несимметричных участках коры двух полушарий.

Экспериментально выявленные межполушарные связи между этими двойными проекциями из зоны НТП у кошки [2, 11] не обеспечивают объединение левого и правого полуполей зрения глаза. Они «сшивают» проекции левого полуполя зрения правого глаза, представленные в обоих полушариях, и аналогичным образом «сшивают» проекции правого полуполя зрения левого глаза, представленные в обоих полушариях (рис. 2, б). Отметим, что рассмотренные в этих исследованиях межполушарные связи нейронов являются прямыми, не опосредованными интернейронами. Такими связями, выявляемыми при использовании ретроградно и антероградно транспортируемых маркеров, формируется жесткий каркас нейронной сети.

Объединение левого и правого полуполей зрения каждого глаза может осуществляться внутри полушарий протяженными горизонтальными связями нейронов, иннервируемых из одного и того же глаза. Такими связями объединены нейроны переходной зоны, в которой представлена часть ипсилатеральной половины поля зрения глаза, с нейронами основной территории коркового поля, в которой представлена вся контралатеральная половина поля зрения этого же глаза [1] (рис. 2, в). Это также прямые связи между нейронами, без переключений на интернейроны-посредники.

У приматов зона НТП расположена в центре сетчатки, она заходит как в назальную, так и в темпоральную ее половины [6]. Поэтому в переходной зоне между корковыми полями V1 и V2 представлены входы из обоих глаз (рис. 3), а не только из контралатерального глаза, как у кошки. В связи с этим у приматов «сшивание» полуполей зрения левого глаза, а также и правого глаза может осуществляться внутриполушарными горизонтальными связями в обоих полушариях, что обеспечивает еще большую надежность.

#### Список литературы

1. Алексеенко С.В., Топорова С.Н., Макаров Ф.Н. Микротопография корковых полей 17 и 18 у кошки // Сенсорные системы – 1999. – Т. 13. – № 4. – С. 277–282.
2. Алексеенко С.В., Топорова С.Н., Макаров Ф.Н. Нейрональные связи, обеспечивающие объединение полуполей зрения // Сенсорные системы – 2002. – Т. 16. – № 2. – С. 83–88.
3. Bunt A.H., Minckler D.S., Johanson G.W. Demonstration of bilateral projection of the central retina of the monkey with horseradish peroxidase neuronography // J. Comp. Neurol. – 1977. – Vol. 171. – № 4. – P. 619–630.
4. Diao Y.C., Jia W.G., Swindale N.V., Cynader M.S. Functional organization of the cortical 17/18 border region in the cat // Exp. Brain Res. – 1990. – Vol. 79. – № 2. – P. 271–282.
5. Fendrich R., Wessinger C.M., Gazzaniga M.S. Nasotemporal overlap at the retinal vertical meridian: investigations with a callosotomy patient // Neuropsychologia. – 1996. – Vol. 34. – № 7. – P. 637–646.
6. Fukuda Y., Sawai H., Watanabe M., Wakakuwa K., Morigiwa K. Nasotemporal overlap of crossed and uncrossed retinal ganglion cell projections in the Japanese monkey (*Macaca fuscata*) // J. Neurosci. – 1989. – Vol. 9. – № 9. – С. 2353–2373.
7. Hubel D.H., Wiesel T.N. Brain and visual perception. – New York, 2005.
8. Illing R.B., Wassle H. The retinal projection to the thalamus in the cat: a quantitative investigation and a comparison with the retinotectal pathway // J. Comp. Neurol. – 1981. – Vol. 202. – P. 265–285.
9. Innocenti G.M. General organization of callosal connections in the cerebral cortex // Cerebral Cortex (eds. Jones E.G.,

- Peters A.) New York: Plenum. – 1986. – Vol. 5. – P. 291–351.
10. Marzi C.A., Mancini F., Sperandio I., Savazzi S. Evidence of midline retinal nasotemporal overlap in healthy humans: A model for foveal sparing in hemianopia? // *Neuropsychologia* – 2009. – Vol. 47. – № 13. – P. 3007–3011.
  11. Olavarria J.F. Non-mirror symmetric patterns of callosal linkages in areas 17 and 18 in cat visual cortex // *J. Comp. Neurol.* – 1996, – Vol. 366. – P. 643–655.
  12. Olavarria J.F. Callosal connections correlate preferentially with ipsilateral cortical domains in cat areas 17 and 18, and with contralateral domains in the 17/18 transition zone // *J. Comp. Neurol.* – 2001. – Vol. 433. – P. 441–457.
  13. Payne B.R. Neuronal interactions in cat visual cortex mediated by the corpus callosum // *Behav. Brain Res.* – 1994. – Vol. 64. – P. 55–64.
  14. Reinhard J., Trauzettel-Klosinski S. Nasotemporal overlap of retinal ganglion cells in humans: a functional study // *Invest. Ophthalmol. Vis. Sci.* – 2003. – Vol. 44. – № 4. – P. 1568–1572.
  15. Stone J. The naso-temporal division of the cat's retina // *J. Comp. Neurol.* – 1966. – Vol. 126. – № 4. – P. 585–599.
  16. Stone J., Leicester J., Sherman S.M. The naso-temporal division of the monkey's retina // *J. Comp. Neurol.* – 1973. – Vol. 150. – № 3. – P. 333–348.
  17. Tusa R.J., Palmer L.A., Rosenquist A.C. Multiple cortical visual areas. Visual field topography in the cat // *Cortical sensory organization* /Ed. C.N. Woolsey. N.Y.: Humana Press – 1981. – Vol. 2. – P. 1–31.

*Для связи с автором:* С-Петербург 191002, Щербаков пер. 2/58, кв. 5; e-mail: binocularity@yandex.ru; тел: +7 (911) 221-59-68.



**weboptica.ru**  
ОПТИЧЕСКИЙ СПРАВОЧНИК

**СОЛНЕЦЗАЩИТНЫЕ ОЧКИ**

**ОПРАВЫ**  
МАГАЗИНЫ, САЛОНЫ ОПТИКИ  
ИНТЕРНЕТ-МАГАЗИНЫ

ПРОФЕССИОНАЛЬНАЯ ЛИТЕРАТУРА  
КАЛЕНДАРЬ СОБЫТИЙ

**КОНТАКТНЫЕ ЛИНЗЫ**

КЛУБ ОЧКАРИКОВ  
КОНКУРСЫ **ОЧКИ**

[www.weboptica.ru](http://www.weboptica.ru)



# ГЛАЗ

## Подписка-2017

Возможно оформление подписки через редакцию путем перечисления денег на расчетный счет редакции или за наличный расчет. **Цена 1 экземпляра – 190 рублей.**

**Стоимость годовой подписки (6 номеров) – 1140 рублей, включая 10% НДС (103 руб. 64 коп.).**

**После оплаты, пожалуйста, отправьте нам письмом или по факсу копию документа об оплате и свои точные почтовый адрес и телефон.**

**Наш адрес:** Россия, 125412, г. Москва, ул. Ижорская, д. 13, стр. 2, ООО «Печатный салон ШАНС» (подписка на журнал «Глаз»). Тел.: **8 (903) 795-41-24**, e-mail: [ppgavs@yandex.ru](mailto:ppgavs@yandex.ru)

### Банковские реквизиты журнала «Глаз»:

ИНН 7713211977	КПП 771301001		
<b>Получатель</b> Общество с ограниченной ответственностью «Печатный салон Шанс» ПАО Сбербанк г. Москва		<b>Сч. №</b>	<b>40702810338130101920</b>
<b>Банк получателя</b> ПАО СБЕРБАНК Г. МОСКВА		<b>БИК</b>	<b>044525225</b>
		<b>Сч. №</b>	<b>30101810400000000225</b>